

УДК 669.2.017:620.18

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА,
МОДИФИЦИРОВАННОГО ЛАНТАНОИДАМИ, ПОЛУЧЕННОГО
КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ****Кучинский М.Ю.****Научный руководитель – к.т.н, доцент Зеер Г.М., ст. преп. Масанский О.А.
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск**

Качество сплавов в значительной степени зависит от микроструктуры сплава, обеспечивающей его технологические свойства на различных этапах изготовления изделий.

Целью работы явилось исследование влияния электромагнитного воздействия (ЭМВ) и скорости охлаждения на формирование микроструктуры литого сплава 1417М, используемого для изготовления проволоки диаметром до 0,1 мм.

Образцы из сплава 1417М были получены непрерывным литьем в электромагнитный кристаллизатор при 3-х скоростях охлаждения: 300, 700 и 900 К/с. Для сравнения были изготовлены образцы, кристаллизация которых происходила на воздухе и в асбестовой оболочке. Температура расплава перед разливкой составляла 720-730 °С. Для исследования микроструктуры из прутков были вырезаны цилиндрические образцы, на которых изготовили поперечные шлифы. Шлифы после химического травления исследовали по сечению от края образца к центру в трех точках в сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM 7001F.

Сплава 1417М имеет следующий химический состав (в % масс.): лантан – 3, церий – 5,3, железо – 0,24, кремний – 0,05, остальное – алюминий. Металлы цериевой подгруппы, в которую входят лантан и лантаноиды, образуют с алюминием мелкодисперсную эвтектику, состоящую из Al и химического соединения Al и лантаноидов – $Al_{11}X_3$ (X – лантаноиды). Согласно двойным диаграммам Al-La и Al-Ce следует, что эвтектическому составу соответствует суммарное количество La и Ce, равное 20 % масс. Исследуемый сплав 1417М содержит 8,3 % масс. лантаноидов и, следовательно, является доэвтектическим, т. е. микроструктура состоит из первичных кристаллов Al и эвтектики из кристаллов Al и $Al_{11}X_3$.

Диспергирование эвтектической составляющей и обеспечение равномерности распределения фаз по сечению литой заготовки является основной проблемой при кристаллизации сплава 1417М. Процесс формирования эвтектики зависит от состава сплава, объемных долей, скорости и механизма роста фаз, градиента температуры в расплаве, анизотропии свойств эвтектических фаз и содержания примесей. Эти факторы приводят к тому, что реализация того или иного типа микроструктуры в данном сплаве зависит от условий кристаллизации, то есть в одном сплаве могут образовываться различные микроструктуры с широким спектром свойств.

Результаты исследования микроструктуры показали, что при низких скоростях охлаждения, реализуемых кристаллизацией в асбестовой оболочке, образуются неравномерно распределенные в эвтектике зерна $Al_{11}(La,Ce)_3$, имеющие форму неправильных пластин переменной ширины (рис. 1, а). С увеличением скорости охлаждения (кристаллизация на воздухе) эвтектика становится более дисперсной и регулярной, однако наблюдаются отдельные крупные включения $Al_{11}(La,Ce)_3$ (рис. 1, б). В сплаве, кристаллизовавшемся с ЭМВ, формируется дисперсная, преимущественно пластинчатая эвтектика, зерна которой равномерно распределены по объему образца. Между первичными кристаллами Al на микроструктуре образцов, полученных с ЭМВ, сформировалась эвтектика, состоящая из Al и $Al_{11}(La,Ce)_3$ (рис. 1, в). В процессе кристаллизации с использованием ЭМВ происходит перемешивание расплава во фронте кристаллиза-

ции, что резко увеличивает количество центров кристаллизации за счет значительного переохлаждения расплава и обламывания ветвей дендритов, образующих дополнительные центры. Эти факторы приводят к диспергированию структуры сплава. При сравнении приведенных микроструктур (рис. 1, а-в) видно, что более дисперсная и однородная структура была получена при кристаллизации сплава с ЭМВ.

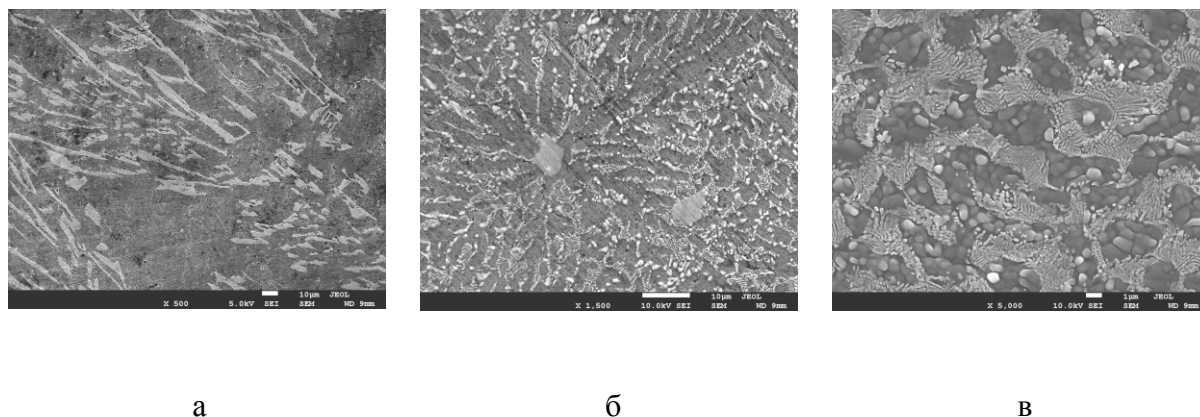


Рис. 1. Микроструктура образцов, полученных кристаллизацией: а – в асбестовой оболочке, x500; б – на воздухе, x1500; в – с ЭМВ, x5000

Изменение скорости охлаждения в процессе кристаллизации позволяет проследить последовательность изменения микроструктуры сплава. Низкие скорости охлаждения характеризуются наличием крупных разветвленных зерен алюминия, неравномерно распределенных по образцу (рис. 2, а). При увеличении скорости охлаждения происходит измельчение структуры (рис. 2, б), при использовании скорости охлаждения выше 800 К/с формируется мелкодисперсная каркасная структура из ветвящихся пластин эвтектики (рис. 2, в), ухудшающая технологические свойства.

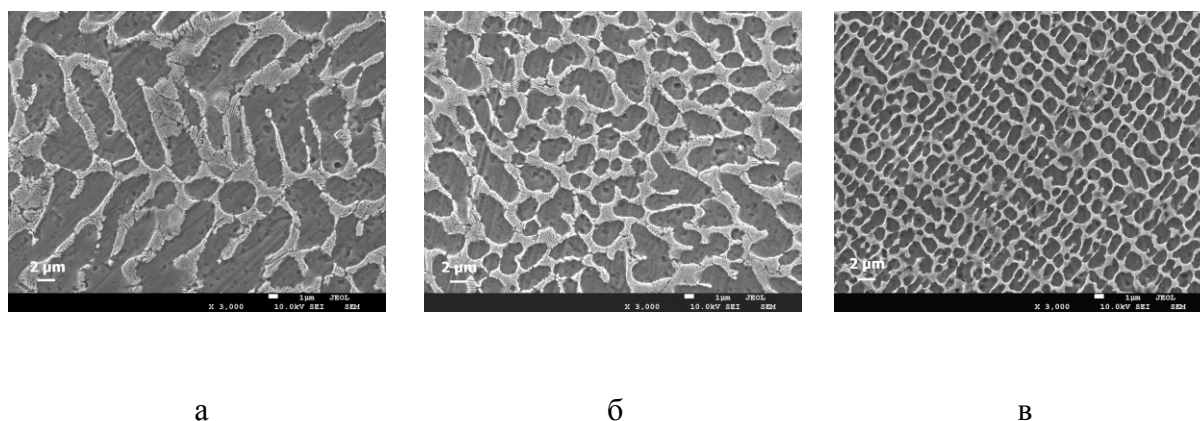


Рис. 2. Типичная микроструктура образцов, полученных кристаллизацией с ЭМВ, x3000: а – скорость охлаждения 300 К/с; б – 700 К/с, в – 900 К/с

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. Применение ЭМВ в процессе кристаллизации не только обеспечивает диспергирование структурных составляющих, но и способствует повышению однородности распределения фаз по сечению слитка.

2. В образцах, полученных с ЭМВ на скоростях охлаждения, близких к 700 К/с, формируется микроструктура, удовлетворяющая требованиям, предъявляемым последующим холодным волочением, применяемым при производстве проволоки из сплава данного состава.

Исследования микроструктуры проведены в Центре коллективного пользования СФУ.